

· 基础研究 ·

胫骨高位截骨相关数据的健康人群测量[△]

谢 鹏, 刘 华, 王文强, 杨序程*

(中南大学湘雅医院骨科, 湖南长沙 410008)

摘要: [目的] 测量中国健康人群冠状面下肢力线参数, 为胫骨高位截骨术 (high tibial osteotomy, HTO) 提供参考。[方法] 纳入 100 例健康人双下肢全长片为研究对象, 测量其髋-膝-踝角 (hip-knee-ankle angle, HKA)、股股解剖角 (anatomic femorotibial angle, aFTA)、股骨远端外侧解剖角 (anatomic lateral distal femoral angle, aLDFA)、股骨远端外侧机械角 (mechanical lateral distal femoral angle, mL DFA)、胫骨近端内侧角 (medial proximal tibial angle, MPTA)、胫骨内翻角 (tibial bone varus angle, TBVA) 及关节线相交角 (joint line convergence angle, JLCA)。按性别、年龄分组后比较, 并与西方国家健康人群下肢力线参数进行比较。[结果] 本研究整体 HKA、aFTA、aLDFA、mL DFA 分别为 (178.32±2.84)°、(175.01±3.28)°、(80.71±2.55)°、(86.83±2.41)°, 而 MPTA、TBVA、JLCA 分别为 (87.59±3.02)°、(1.61±2.95)°、(1.82±1.27)°。按性别比较, 男性组 JLCA 显著小于女性组 ($P<0.05$)。按年龄比较, 中年组 JLCA 显著小于老年组 ($P<0.05$)。此外, 本研究人群的 JLCA 及 MPTA 均显著大于, 而 mL DFA 则显著小于西方健康人群 ($P<0.05$)。[结论] 本研究人群下肢力线呈内翻趋势, 主要源于膝关节内, 尤其女性和老年人明显, 本研究结果对 HTO 术有参考意义。

关键词: 健康人, 下肢力线, 膝内翻, 胫骨高位截骨术

中图分类号: R68 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2022) 18-1680-05

Lower extremity alignment measurement on coronal plane related to high tibial osteotomy in healthy subjects // XIE Peng, LIU Hua, WANG Wen-qiang, YANG Xu-cheng. Department of Orthopedics, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China

Abstract: [Objective] To measure lower extremity alignment parameter on coronal plane in healthy Chinese people for a reference in high tibial osteotomy (HTO). [Methods] A total of 100 healthy subjects who had full-length radiographs of the bilateral low extremities taken were enrolled in the study. The hip-knee-ankle angle (HKA), anatomic femorotibial angle (aFTA), anatomic lateral distal femoral angle (aLDFA), mechanical lateral distal femoral angle (mL DFA), medial proximal tibial angle (MPTA), joint line convergence angle (JLCA) and tibial bone varus angle (TBVA) were measured, and compared in term of genders and ages, as well as with those in western countries. [Results] The overall HKA, aFTA, aLDFA and mL DFA were of (178.32±2.84)°, (175.01±3.28)°, (80.71±2.55)°, (86.83±2.41)°, respectively. While the MPTA, TBVA and JLCA were of (87.59±3.02)°, (1.61±2.95)°, (1.82±1.27)°, respectively. The male had significantly lower JLCA than the female ($P<0.05$), whereas the middle age had significantly lower JLCA than the elder group ($P<0.05$). In addition, JLCA and MPTA measure in the population of this study were significantly higher, while mL DFA was significantly lower than those of western healthy population ($P<0.05$). [Conclusion] In this study, the population has a varus tendency in low extremity alignment, mainly originating intra-articularly, especially in women and the elderly, which have reference significance for HTO.

Key words: healthy subject, lower extremity alignment, knee varus, high tibial osteotomy

膝关节骨关节炎 (knee osteoarthritis, KOA) 是中老年人中最常见的退行性关节疾病, 胫骨高位截骨术 (high tibial osteotomy, HTO) 被认为是治疗膝骨关节炎的一种有效手段^[1, 2]。胫骨高位截骨术是通过胫骨近端的关节外截骨, 调整下肢力线至目标位置, 通过

膝关节内侧间室的应力来缓解膝关节 OA 症状, 延缓甚至终止膝关节骨关节炎的进程^[3]。无论采用何种手术方式, 术者均需要详细测量下肢力线, 并根据畸形类型及程度, 制定具体的术前计划^[4, 5]。近年来, HTO 手术技术与理念取得了长足的进步, 特别是胫

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.18.10

△基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 81702215)

作者简介: 谢鹏, 在读硕士研究生, (电话) 18175109581, (电子信箱) drxiepeng@163.com

* 通信作者: 杨序程, (电子信箱) orthoyang@csu.edu.cn

骨内侧双平面开放截骨术 (open wedge high tibial osteotomy, OWHTO) 和锁定钢板固定技术的应用, 使 HTO 技术实现了精准化、微创化和标准化, 取得了令人满意的、稳定的长期疗效^[6, 7]。了解健康人群下肢力线特点是明确 HTO 适应征的前提, 而精确的截骨术前设计则是 HTO 手术成功的关键, 可以有效避免截骨术后的力线偏移, 从而使 HTO 发挥应有的疗效^[8, 9]。标准的术前 X 线片可以准确反映下肢力线状态, 下肢畸形的力线分析是进一步进行截骨术前设计的基础, 因此, 术前 X 线片拍摄与测量分析是至关重要的一步^[10, 11]。目前, 关于国人下肢力线特别是将其应用于 HTO 术前设计的测量研究较少, 本研究通过对中国健康人群仰卧位双下肢全长 X 线片进行测量, 并按性别、年龄等进行分组, 比较差异, 同时与西方国家健康人群下肢力线进行对比分析。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 年龄 30~65 岁; (2) 双下肢骨与关节无明显畸形与疼痛症状; (3) X 线片清晰并按标准体位拍摄。

排除标准: (1) 下肢先天畸形病史 (如发育性髋关节发育不良、明显膝关节内外翻畸形等); (2) 下肢骨与关节创伤、骨折史或手术史; (3) 明确相关疾病史, 如髌、膝、踝骨关节炎、类风湿关节炎、陈旧感染、夏柯氏关节病、股骨头缺血性坏死、膝关节内主要韧带损伤等病史。

1.2 研究资料来源

根据上述标准最终纳入 100 例研究对象, 2017 年 6 月—2020 年 5 月于中南大学湘雅医院放射科拍摄仰卧位双下肢全长 X 线片, 其中男 47 例, 女 53 例, 年龄 32~65 岁, 平均 (57.92±9.93) 岁。BMI 18.58~35.56 kg/m², 平均 (24.97±3.93) kg/m²。本研究经中南大学湘雅医院伦理委员会审批通过, 所有研究对象均知情同意。

1.3 参考点及定位线选择

股骨头中心点应用 Mose 圆的方法确定, 即使用间距为 2 mm 的同心圆透明板尺确定股骨头中心来代表髋关节中心。膝关节与踝关节中心点有多种确定方法, 由于多数下肢全长 X 线片上可清晰显示胫骨平台关节面及距骨上关节面, 故将胫骨平台关节面的中心确定为膝关节中心点, 并将距骨上关节面中点确定为踝关节中心点^[12]。

股骨机械轴一般定义为股骨头中心点至胫骨平台中心点的连线, 而胫骨解剖轴则是胫骨平台关节面的中心与距骨踝关节面中心的连线。上述两条连线的内侧成角构成了髌-膝-踝角, 代表下肢全长机械力线。股骨解剖轴首先需要确定股骨干的中点 (即股骨头的最近端至股骨内侧髁最远端中点) 水平股骨内外侧骨皮质的中点, 然后确定膝上 10 cm 水平股骨内外侧皮质中心点, 此 2 点的连线即为股骨解剖轴, 而胫骨解剖轴与胫骨机械轴基本重合^[13] (图 1a)。

1.4 测量方法及指标

获取 100 例研究对象的双下肢全长正位 X 线片数据, 并将其导入 Adobe Photoshop 2019 软件中, 标记参考点并利用标记点分别测量以下参数。包括髌-膝-踝角 (hip-knee-ankle angle, HKA), 即股骨机械轴与胫骨机械轴相交形成的内侧角; 股骨解剖角 (anatomic femorotibial angle, aFTA), 即股骨解剖轴与胫骨解剖轴的外侧夹角; 股骨远端外侧解剖角 (anatomic lateral distal femoral angle, aLDFA), 即股骨解剖轴与股骨远端关节线的外侧夹角; 股骨远端外侧机械角 (mechanical lateral distal femoral angle, mL DFA), 即股骨机械轴与股骨远端关节线的外侧夹角; 胫骨近端内侧角 (medial proximal tibial angle, MPTA), 即胫骨平台关节线与胫骨平台关节线的内侧夹角^[14]; 关节线相交角 (joint line convergence angle, JLCA), 即股骨远端关节线与胫骨平台关节线的夹角, 且两关节线向外侧成角时为正值, 反之则为负值^[15]; 胫骨内翻角 (tibial bone varus angle, TBVA), 即胫骨髁间棘的中点和残存骨骺线的中点的连线与胫骨机械轴所成的夹角, 是测量胫骨干骺端内翻畸形的最佳指标^[16] (图 1)。每个样本由 2 位研究者独立地用同一方法在下肢全长 X 线片上分别进行测量, 并取 2 次测量的平均值。通过查阅文献, 提取 Bellemans^[17]、Jamali^[18] 及 Jacquet 等^[19] 对西方国家健康人群下肢力线研究中的相关数据, 然后与本研究所测得数据进行对比和统计学分析。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析, 计量数据资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料符合正态分布时, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验; 资料不符合正态分布时, 两组间比较采用 Mann-whitney *U* 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 总体结果

本研究100例受测量者的总体测量结果见表1, HKA为(178.32±2.84)°,表明下肢力线呈轻度内翻趋势;aFTA为(175.01±3.28)°。aLDFA及mLDFA分别为(80.71±2.55)°及(86.83±2.41)°,即股骨机械轴与股骨干解剖轴之间呈约6°的夹角。MPTA为(87.59±3.02)°,且JLCA为(1.82±1.27)°,以上数据说明健康人群中股骨与胫骨关节线并非平行,而是向外侧形成一定角度,且胫骨相对于股骨呈轻度内翻,故MPTA与mLDFA并不一定保持一致。TBVA平均约为(1.61±2.95)°,表明健康人群的胫骨干骺端存在一定的内翻畸形,且变异较大。

表1 本研究下肢力线参数(°, $\bar{x} \pm s$)与西方文献比较

指标	中国健康人群 (n=100)	西方国家健康人群 (n=500) ^[17]	P值
HKA	178.32±2.84	178.67±2.34 (n=500) ^[17]	0.153
aFTA	175.01±3.28	175.23±2.61 (n=87) ^[18]	0.643
aLDFA	80.71±2.55	80.24±2.16 (n=87) ^[18]	0.151
mLDFA	86.83±2.41	87.90±1.74 (n=500) ^[17]	<0.001
MPTA	87.59±3.02	87.04±2.07 (n=500) ^[17]	0.026
JLCA	1.82±1.27	1.21±1.73 (n=87) ^[18]	0.034

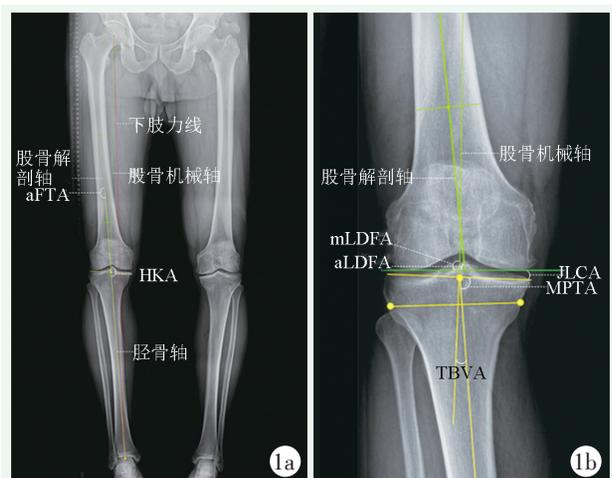


图1 影像测量方法 1a: 仰卧位双下肢全长X线片上可确定髋、膝、踝关节中心等参考点及下肢力线及股骨、胫骨轴线 1b: 膝关节正位X线片上可定位股骨远端、胫骨近端关节线及骨骺线

2.2 按性别分组比较

按性别分组测量结果比较见表2, 两组年龄、BMI、HKA、aFTA参数的差异均无统计学意义($P>0.05$)。但是, 男性组aLDFA、mLDFA、TBVA均大于女性组, 但组间差异无统计学意义($P>0.05$)。而男性组MPTA显著小于女性组, 且差异具有统计学意义($P<0.05$), 说明女性组胫骨轴相对于胫骨平台

关节面的内翻趋势小于男性组。此外, 男性组JLCA也显著小于女性组, 且差异具有统计学意义($P<0.05$), 表明女性组胫骨相对于股骨的内翻趋势大于男性组(表2)。

表2 性别间下肢力线参数测量结果($\bar{x} \pm s$)与比较

指标	男性组 (n=47)	女性组 (n=53)	P值
年龄(岁)	58.01±10.1	57.89±9.87	0.940
BMI (kg/m ²)	24.76±4.01	25.14±4.01	0.593
HKA (°)	178.43±2.95	178.37±2.73	0.867
aFTA (°)	175.12±3.27	174.82±3.11	0.637
aLDFA (°)	81.03±2.56	80.41±2.55	0.305
mLDFA (°)	87.13±2.32	86.38±2.43	0.090
MPTA (°)	86.73±2.76	88.21±3.06	0.008
TBVA (°)	0.99±2.84	0.53±2.97	0.385
JLCA (°)	1.54±1.19	2.13±1.25	0.019

2.3 按年龄分组比较

将<60岁研究对象纳入中年组, 共42例; ≥60岁的研究对象纳入老年组, 共58例。两组下肢力线指标测量结果见表3。两组间BMI、HKA、aFTA、aLDFA、mLDFA、MPTA、TBVA差异均无统计学意义($P>0.05$)。但是, 青中年组JLCA显著小于老年组($P<0.05$), 表明老年组胫骨相对于股骨的内翻趋势大于青中年组。

表3 中青年人与老年人下肢力线参数测量结果($\bar{x} \pm s$)与比较

指标	青中年组 (n=42)	老年组 (n=58)	P值
BMI (kg/m ²)	25.04±4.23	24.92±3.721	0.841
HKA (°)	178.25±2.13	178.43±3.17	0.728
aFTA (°)	175.01±2.56	175.03±3.67	0.997
aLDFA (°)	80.73±2.46	80.78±2.64	0.939
mLDFA (°)	87.13±2.68	86.59±2.20	0.266
MPTA (°)	87.32±2.64	87.68±3.21	0.589
TBVA (°)	0.21±3.11	1.15±2.72	0.122
JLCA (°)	1.52±1.37	2.04±1.18	0.044

2.4 本研究下肢力线参数与西方文献比较

本研究下肢力线参数与西方文献比较结果见表1, 本研究人群HKA、aFTA、aLDFA等相较于西方国家健康人群^[17, 18]的差异无统计学意义($P>0.05$)。但是, 本研究人群的mLDFA显著小于西方国家健康人群($P<0.05$), 而本研究人群的MPTA和JLCA则显著大于西方健康人群($P<0.05$)。以上结果表明,

中国健康人群股骨关节面的外翻程度更大,这与国人 JLCA 较大的这一结果是一致的。而胫骨轴相对于胫骨平台关节面的内翻程度则小于西方国家健康人群,鉴于两组下肢力线的内翻趋势无显著差异,更多地来源于膝关节内(即胫骨关节线相对于股骨关节线的内翻),而非与股骨或胫骨相关的内翻。

3 讨论

本研究首先通过统计得出中国健康人群的 HKA、aFTA、aLDFA、mLDFA、MPTA、TBVA、JLCA 等基线数据。进一步按不同性别分组后对比统计分析发现,两组间下肢力线内翻趋势无显著差异,但女性相较于男性其胫骨轴相对于胫骨平台关节面的内翻趋势更小,而胫骨相对于股骨的内翻趋势更大。这一结果提示,女性的下肢力线内翻趋势主要来源于膝关节内。通过不同年龄层次的对比发现,老年人胫骨相对于股骨的内翻趋势相较于青中年人群更为明显,这可能是由于年龄增长伴随的膝关节主要韧带的松弛及软骨磨损等因素所导致。老年人下肢力线整体内翻程度以及关节外解剖角度与青中年人群相比并无显著差异,但关节内外翻角度差异明显。这一结果提示,关节外畸形一般是先天发育所致,而非退行性改变,故可以在发现关节外畸形时早期行 HTO 手术以达到预防及治疗目的。而下肢内翻趋势渐进性加重则一般是由软骨磨损及韧带松弛所致。最后,与西方国家健康人群相比,国人下肢力线整体内翻程度并无显著差异,而其中 mLDFA、MPTA 及 JLCA 的显著差异提示,两组人群的下肢力线差异主要体现在膝关节内(即胫骨关节线相对于股骨关节线的内翻),而不是由关节外的股骨或胫骨内翻所导致。

孙茂淋等^[20]曾报道年轻健康人群全膝关节置换术相关的下肢力线测量数据,并与西方国家健康人群进行比较。该研究纳入 120 例青年(年龄 22~25 岁)研究对象,并采用负重位双下肢全长 X 线片测量 HKA、MPTA 等参数。研究发现,中国健康人群女性下肢力线内翻趋势大于男性,且中国健康人群比美国健康人群下肢力线内翻趋势更明显。

双下肢全长 X 线片对于 HTO 术前规划同样具有重要意义^[21-23],本研究针对 HTO 术前设计测量中国健康人群下肢力线,且纳入对象为 30~65 岁的 HTO 目标人群,可为 HTO 重建正常下肢力线提供参考标准。

Shin 等^[24]研究发现,相较于较负重位摄片,术

前采用仰卧位拍摄双下肢全长 X 线片有利于更准确地进行术前计划。原因在于仰卧位与站立位时的 HKA 无显著差异,且由于术中体位通常为仰卧位,若采用负重位双下肢全长 X 片进行术前计划,术前术中膝关节周围软组织松弛度的变化可能会导致术中下肢力线的过度矫正或矫正不足。此外,结合我国目前的医疗条件,负重位双下肢全长 X 线片的拍摄只有在大型三甲医院放射科才可进行,大量医院尚不具备条件。故本研究通过采用仰卧位双下肢全长 X 线片测量得到的下肢力线参数更具有实际参考价值及推广意义。

本研究的局限性:(1)纳入研究样本量较小,存在一定选择偏倚;(2)尽管采取统一标准的测量方法,但人为误差、不同测量者之间的差异及下肢 X 线片拍摄质量可能导致测量结果存在一定偏倚;(3)在仔细查阅相关中外文文献后,仍未发现关于西方国家健康人群 TBVA 大样本数据的报道,故本研究未对其进行对比分析。

综上所述,充分了解认识中国健康人群下肢力线特点非常必要,对于 HTO 术前规划具有重要价值。只有熟知国人的下肢力线特点及膝关节相关解剖角度,才能更准确地分析关节内外畸形来源并矫正,从而精确重建下肢力线以达到最佳的手术疗效^[25]。目前通常使用的截骨方式与 Tomo Fix 锁定钢板等器械是基于西方国家人群下肢力线与膝关节解剖特点设计,尚未出现针对国人特点相关产品。随着术中导航、3D 打印等技术的发展与成熟,未来可在个性化术前设计的基础上进一步设计个性化的手术器械、个性化截骨方式以及使用个性化锁定钢板^[26]。总而言之,下肢力线的研究是 HTO 手术最重要的基础之一,掌握下肢力线特点是改善 HTO 手术疗效的必要条件。

参考文献

- [1] Beard DJ, Holt MD, Mullins MM, et al. Decision making for knee replacement: variation in treatment choice for late stage medial compartment osteoarthritis [J]. *Knee*, 2012, 19 (6): 886-889.
- [2] 郭保逢,秦泗河,黄野. 膝关节骨关节炎的保膝治疗进展 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2018, 32 (10): 1292-1296.
- [3] Laprade RF, Spiridonov SI, Nystrom LM, et al. Prospective outcomes of young and middle-aged adults with medial compartment osteoarthritis treated with a proximal tibial opening wedge osteotomy [J]. *Arthroscopy*, 2012, 28 (3): 354-364.
- [4] 刘沛,夏子麒,王洋,等. 年轻人膝关节骨关节炎的保膝治疗进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (3): 248-251.

- [5] Siddiqi A, Warren JA, McLaughlin J, et al. Demographic, comorbidity and episode-of-care differences in primary total knee arthroplasty [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2021, 103 (3) : 227-234.
- [6] Lee DK, Wang JH, Won Y, et al. Preoperative latent medial laxity and correction angle are crucial factors for overcorrection in medial open-wedge high tibial osteotomy [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28 (5) : 1411-1418.
- [7] Choi NH. Editorial commentary: Knee preoperative medial laxity may result in overcorrection or varus recurrence after open-wedge high tibial osteotomy [J]. *Arthroscopy*, 2022, 38 (5) : 1555-1556.
- [8] Kang BY, Lee DK, Kim HS, Wang JH. How to achieve an optimal alignment in medial opening wedge high tibial osteotomy [J]. *Knee Surg Relat Res*, 2022, 34 (1) : 3.
- [9] Elson DW, Petheram TG, Dawson MJ. High reliability in digital planning of medial opening wedge high tibial osteotomy, using Miniaci's method [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015, 23 (7) : 2041-2048.
- [10] Song IS, Kwon J. Analysis of changes in tibial torsion angle on open-wedge high tibial osteotomy depending on the osteotomy level [J]. *Knee Surg Relat Res*, 2022, 34 (1) : 17.
- [11] Bonasia DE, Dettoni F, Sisto G, et al. Medial opening wedge high tibial osteotomy for medial compartment overload/arthritis in the varus knee: prognostic factors [J]. *Am J Sports Med*, 2014, 42 (3) : 690-698.
- [12] He P, Zhu Q, Zhang Z, et al. Relationship between the tibial mechanical axis and bony anatomical landmarks of the calf and foot as measured on radiographs obtained with a new laser-calibrated position [J]. *J Xray Sci Technol*, 2013, 21 (4) : 497-506.
- [13] Lee YS, Lee BK, Lee SH, et al. Effect of foot rotation on the mechanical axis and correlation between knee and whole leg radiographs [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2013, 21 (11) : 2542-2547.
- [14] Mitsuaki K, Ryuichi O, Taisuke S, et al. The medial proximal tibial angle accurately corrects the limb alignment in open-wedge high tibial osteotomy [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019, 27 (8) : 2410-2416.
- [15] Sabharwal S, Zhao C. Assessment of lower limb alignment: supine fluoroscopy compared with a standing full-length radiograph [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2008, 90 (1) : 43-51.
- [16] Philipp S, Markus G, Michael S, et al. Ten-year results of medial open-wedge high tibial osteotomy and chondral resurfacing in severe medial osteoarthritis and varus malalignment [J]. *Am J Sports Med*, 2018, 46 (6) : 1362-1370.
- [17] Bellemans J, Colyn W, Vandenuecker H, et al. The Chitranjan Ranawat award: is neutral mechanical alignment normal for all patients? The concept of constitutional varus [J]. *Clin Orthop*, 2012, 470 (1) : 45-53.
- [18] Jamali AA, Meehan JP, Moroski NM, et al. Do small changes in rotation affect measurements of lower extremity limb alignment [J]. *J Orthop Surg Res*, 2017, 22, 12 (1) : 77.
- [19] Jacquet C, Laumonerie P, LiArno S, et al. Contralateral preoperative templating of lower limbs' mechanical angles is a reasonable option [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28 (5) : 1445-1451.
- [20] 孙茂淋, 何锐, 张颖, 等. 健康人群下肢力线测量在全膝关节置换术中的应用 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2019, 12 (8) : 584-588.
- [21] He A, Mao Y, Zhou Y, et al. Preoperative planning by osteotomy master software helps to improve the accuracy of target limb alignment in high tibial osteotomy [J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15 (1) : 504.
- [22] Angela HD, Praveen LB, Perrico N, et al. Natural distribution of the femoral mechanical-anatomical angle in an osteoarthritic population and its relevance to total knee arthroplasty [J]. *Knee*, 2012, 19 (2) : 120-123.
- [23] Jan V, David B, Johan B, et al. Constitutional varus does not affect joint line orientation in the coronal plane [J]. *Clin Orthop*, 2014, 472 (1) : 98-104.
- [24] Shin KH, Jung JK, Nam JJ, et al. Preoperative supine radiographs are more accurate than standing radiographs for preoperative planning in medial open-wedge high tibial osteotomy [J]. *Arthroscopy*, 2020, 36 (6) : 1655-1664.
- [25] 杨滨, 张克, 袁亮, 等. 新型3D打印个体导向器在膝关节置换术中的应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (1) : 75-78.
- [26] 李小兵, 郭新军, 冯立平, 等. 3D打印辅助高位胫骨截骨治疗内侧室膝骨关节炎 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (21) : 1950-1954.

(收稿:2021-09-01 修回:2022-06-28)
(同行评议专家:徐海涛 戴 祝)
(本文编辑:宁 桦)